

既存杭撤去・埋戻しに伴う周辺地盤への影響（緩み）に関する研究

（その16）周辺地盤の弾塑性解析（施工過程を考慮した tij モデルによる解析例）

正会員 ○青木雅路^{1*}、同 金田一広^{2*}、同 田口智也^{3*}
同 尻無濱昭三^{4*}、同 松江繁尚^{5*}、 山本裕司^{6*}

既存杭 撤去 埋戻し
周辺地盤 施工過程 弾塑性解析

1. はじめに

本報では、（その15）¹⁾で示した Subloading tij モデル（以下 tij モデル）を用いた弾塑性 FEM 解析により、既存杭撤去・埋戻しに伴う周辺地盤の緩みの要因や撤去工法の違いを検討する。

2. 解析モデルと地盤の概要

杭撤去時の検討として、tin モデルによる2次元軸対称土・水連成解析を実施した。図1に地盤概要と撤去・埋戻し部の位置及び解析メッシュを示す。地盤は、同名報文（その4）²⁾のケーシング縁切引抜工法（以下、縁切引抜工法）、（その13）³⁾のオールケーシング破碎撤去工法（以下、破碎撤去工法）を調査した地盤を参考に、地層構成・土質定数をモデル化したものである。tij モデルの土質パラメータは、（その15）⁴⁾で示した値を用いている。

解析上の撤去ケーシング径は直径1mにモデル化し、地下水位は、GL±0mにあるものとした。

3. 撤去工法に応じた解析ステージの設定

解析は、縁切引抜工法及び破碎撤去工法について行った。それぞれの施工手順を表1及び表2に示す。

表1に縁切引抜工法の解析ステージを示す。Stage1は、ケーシング掘削工程で、自重解析を実施後、ケーシング内位置の要素を泥土に置換した。解析上、掘削時間10分4ステップ、その後24時間放置した。掘削後の孔内は泥水($\gamma_w=13\text{kN/m}^3$)と設定し、泥水圧と静水圧との差分を孔壁面に与えた。Stage2は、既存杭引抜き工程で、杭の引上げにより発生する負圧が孔壁を引張り、周辺地盤へ影響を与えると考え、解析では孔壁面を強制変位(50mm)させている。また、孔壁面の泥水圧と強制変位に伴う解放力の解除を行った。Stage3~4は埋戻し工程で、撤去孔下部より孔内の泥土を未固化流動化処理土に置換すると想定し要素置換を行った。27日放置後、Stage5で固化後の流動化処理土に置換し17日放置後解析を終了した。

表2に破碎撤去工法の解析ステージを示す。Stage1は、ケーシング掘削・杭撤去工程で、自重解析を実施後、掘削工程を模擬した。ケーシングがあるため孔壁位置の変位は固定した。Stage2~Stage3はケーシング引抜きと埋戻し工程で、撤去孔下部からケーシング撤去と流動化処理

土（未固化）への置換を行った。各ステップは1分間で実施し、Stage4の埋戻し完了後は27日放置し、Stage5で固化後の流動化処理土に置換し17日放置後解析を終了した。

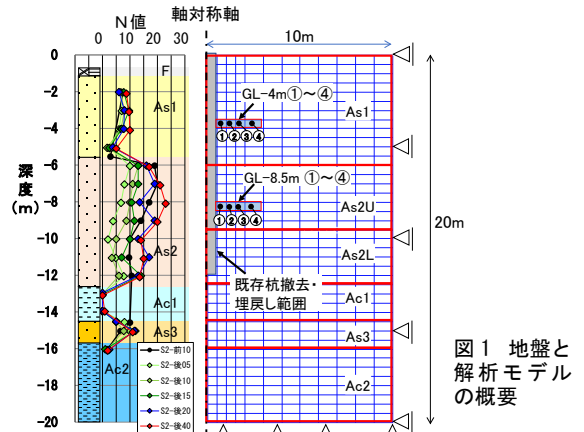


表1 縁切引抜工法を模擬した解析ステージの概要

Stage1: ケーシング掘削	Stage2: 既存杭撤去
<ul style="list-style-type: none"> 初期条件(自重解析) ケーシング(孔壁位置)はモデル化しない ケーシング位置で泥水圧を作用(4ステップ、掘削後24時間放置) 	<ul style="list-style-type: none"> 杭の引抜き→孔壁に強制変位を下部から作用(4ステップ) 泥水圧解除+強制変位に伴う解放力解除
Stage3, 4: 流動化処理土埋戻し	Stage5: 埋戻し完了, 固化
<ul style="list-style-type: none"> Stage3: 孔壁に強制変位を与えた下部から流動化処理土に置換 Stage4: 上部まで置換完了後に放置(27日) 	<ul style="list-style-type: none"> Stage5: 流動化処理土の物性値を固化体に置換(17日放置)

表2 破碎撤去工法を模擬した解析ステージの概要

Stage1: ケーシング掘削, 杭撤去	Stage2: ケーシング引抜き埋戻し1
<ul style="list-style-type: none"> 初期条件(自重解析) ケーシング設置(水平変位固定) ケーシング内地盤掘削(4ステップ) 	<ul style="list-style-type: none"> 下部からケーシング撤去(水平変位拘束解除)+流動化処理土に置換(4ステップ)
Stage3: ケーシング引抜き埋戻し2	Stage4, 5: 埋戻し完了, 固化
<ul style="list-style-type: none"> 順次ケーシング撤去+流動化処理土置換(後半状況) 	<ul style="list-style-type: none"> Stage4: 流動化処理土置換後放置(27日) Stage5: 流動化処理土の物性値を固化体に置換

Study on the effect on the surrounding ground due to removal and backfilling of existing piles Part 16: Elastic-plastic analysis of the surrounding ground (analysis example using the tij model considering the construction process)

AOKI Masamichi, KANEDA Kazuhiro, TAGUCHI Tomoya, SHIRINASHIHAMA Shozo, MATSUE Shigehisa, YAMAMOTO Yuji

4. 解析結果と考察

図 2 (a) (b) に縁切引抜工法の Stage5 終了時のせん断ひずみと平均有効応力のコンター図を示す。軸対称解析のためせん断ひずみの主な発生範囲は掘削孔壁面から 1m に集中した。平均有効応力分布では、掘削孔壁面近傍 0.5-1.0m では孔壁近傍でのアーチ効果による平均有効応力の増加が見られるが、その外側の要素では低下が見られた。

図 3 (a) (b) に破碎撤去工法の Stage5 終了時のせん断ひずみと平均有効応力のコンター図を示す。せん断ひずみ部の分布図、平均有効応力分布とも、縁切引抜工法のような掘削孔近傍の値の変化は見られない。

図 4 (a) (b) に、解析に伴う応力と間隙比の変化を考慮した要素の排水せん断試験時の偏差応力 ($=\sigma_1-\sigma_3$) ~ 軸ひずみ関係例を示す。せん断応力の最大値 τ_{max} は、1/2 偏差応力 ($=(\sigma_1-\sigma_3)/2$) となる。要素は、図 1 中の GL-8.5m ③要素 (ケーシング端から 1.0-1.5m) である。同図には撤去前の値 (initial と記載) も示す。縁切引抜工法では要素の偏差応力の最大値の低下が見られ、破碎撤去工法では最大値の低下がほとんどみられない。

図 5 に、GL-4.0m (As1 層)、GL-8.5m (As2 層) のせん断応力最大値の変化割合 ($\tau_{max}/\tau_{max_ini}$) とケーシング端からの距離との関係を示す。縁切引抜工法では、ケーシング端から 0.25m の値は強制変位 (50mm) のアーチ効果による影響で増加するが、0.5m より外側で低下が見られた。低下は、0.5~1.5m 程度の範囲で、GL-4.0m では 1 割程度、GL-8.5m では 2~3 割程度であった。この低下傾向は、観測 N 値の低下分布²⁾等と類似している。破碎撤去工法の値は、GL-4.0m、GL-8.5m とともにほとんど低下が見られない。

図 6 に縁切引抜工法での Stage2 の強制変位量を変えた解析結果を示す。強制変位量がゼロ (0.0mm) の場合 (杭引抜き速度が非常に遅い場合に相当) や 10mm の場合でも、 $\tau_{max}/\tau_{max_ini}$ は、強制変位 50mm と同様に生じる。ただし、ピークはケーシング位置に近づくようである。また、アーチ効果が小さくなるため、ケーシング近傍の $\tau_{max}/\tau_{max_ini}$ の増加は見られない。

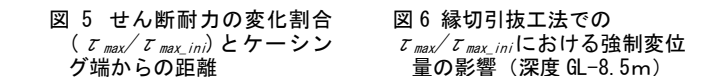
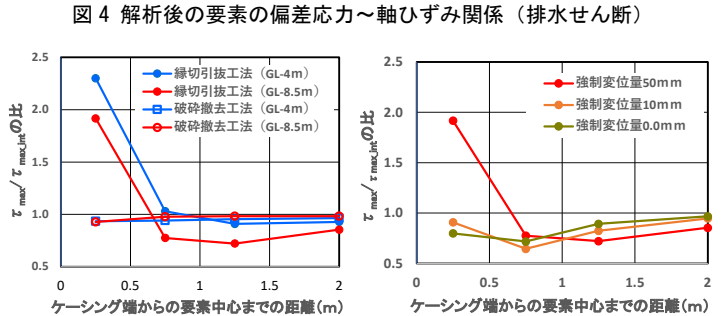
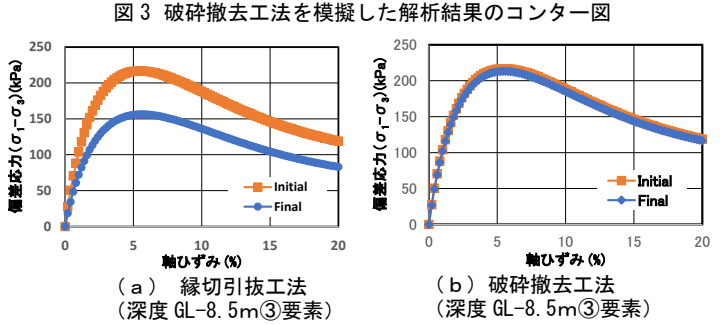
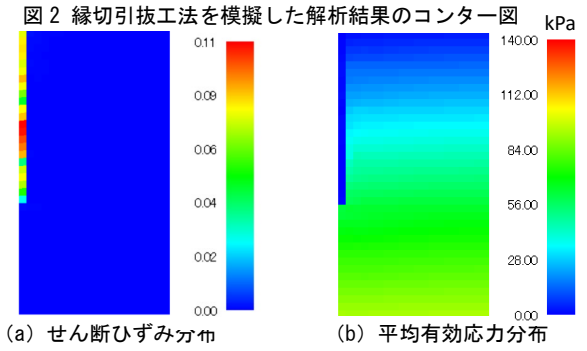
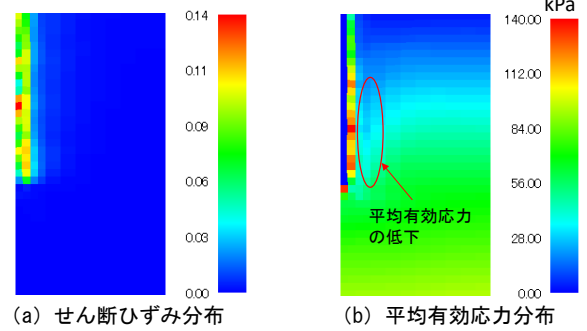
縁切引抜工法では Stage1 時に孔壁近傍地盤の水平変位が進む (その 15 図 3 参照)。周辺地盤の緩みの主要因は Stage1 の掘削段階で生じていることが考えられる。

5. まとめ

既存杭撤去・埋戻し時の周辺地盤の緩みに関して、除荷過程を模擬できる tij モデルを用いた弾塑性 FEM 解析を実施した。解析結果は、縁切引抜工法の緩みがある程度模擬できることが判った。また、破碎撤去工法は、解析上緩みがほとんど生じない結果となった。ただし、破碎撤去工法でも、緩みの観測例がある^{例え³⁾}。今後、さらなる

検討が必要と考える。

本研究は、(一社) 建築基礎・地盤技術高度化推進協議会 (ALLF) 「既存杭撤去に伴う周辺地盤への影響検討委員会」の活動として行われたものである。また、本解析は、FEM tij-2D プログラム (tij 地盤解析研究会) を用いた。



【参考文献】1) 金田一広他：既存杭撤去・埋戻しに伴う周辺地盤への影響に関する研究 (その 15), 日本建築学会大会, 2023 (投稿中)
2) 遠藤正美他：既存杭撤去・埋戻しに伴う周辺地盤への影響に関する研究 (その 4)~(その 6), 日本建築学会大会, No. 20281-20283 (P. 561-566), 2021
3) 遠藤正美他：既存杭撤去・埋戻しに伴う周辺地盤への影響に関する研究 (その 13)~(その 14), 日本建築学会大会, 2023 (投稿中)

*1 竹中工務店, *2 千葉工業大学, *3 戸田建設,
*4 鉄建建設, *5 トーヨーアサノ, *6 基礎地盤コンサルタンツ

*1 Takenaka Corporation, *2 Chiba Institute of Technology, *3 TODA Corporation, *4 TEKKEN Corporation, *5 TOYO ASANO FOUNDATION Co., Ltd., *6 KISO-JIBAN Consultants Co., Ltd.